

Japanese Patent Application Publication No. 63-66385

This document relates to (a) a tool steel containing C: 0.2 to 2.5 %, Si: 0.1 to 2.0 %, Mn: 0.4 to 3.0 %, Cr: 1.0 to 20.0 %, Mo: 0.1 to 3.0 %, N: 0.01 to 0.3 %, one or more of S: 0.04 to 0.4 %, Te: 0.03 to 0.3 % and Se: 0.01 to 0.4 % as one or more free-machining components, one or more rare-earth elements: 0.005 to 0.60 %, and the balance: substantially Fe and inevitable impurities. This document also relates to (b) a tool steel containing C: 0.2 to 2.5 %, Si: 0.1 to 2.0 %, Mn: 0.4 to 3.0 %, Cr: 1.0 to 20.0 %, Mo: 0.1 to 3.0 %, N: 0.01 to 0.3 %, Ni: 0.3 to 4.0 %, one or more of S: 0.04 to 0.4 %, Te: 0.03 to 0.3 % and Se: 0.01 to 0.4 % as one or more free-machining components, one or more rare-earth elements: 0.005 to 0.60 %, and the balance: substantially Fe and inevitable impurities; (c) a tool steel containing C: 0.2 to 2.5 %, Si: 0.1 to 2.0 %, Mn: 0.4 to 3.0 %, Cr: 1.0 to 20.0 %, Mo: 0.1 to 3.0 %, N: 0.01 to 0.3 %, V: 0.05 to 3.0 %, Al: 0.3 to 1.5 %, Nb: 0.1 to 3.0 %, Zr: 0.05 to 3.0 %, Ti: 0.05 to 3.0 %, B: 0.001 to 0.050 %, one or more of S: 0.04 to 0.4 %, Te: 0.03 to 0.3 % and Se: 0.01 to 0.4 % as one or more free-machining components, one or more rare-earth elements: 0.005 to 0.60 %, and the balance: substantially Fe and inevitable impurities; and (d) a tool steel containing C: 0.2 to 2.5 %, Si: 0.1 to 2.0 %, Mn: 0.4 to 3.0 %, Cr: 1.0 to 20.0 %, Mo: 0.1 to 3.0 %, N: 0.01 to 0.3 %, Ni: 0.3 to 4.0 %, V: 0.05 to 3.0 %, Al: 0.3 to 1.5 %, Nb: 0.1 to 3.0 %, Zr:

0.05 to 3.0 %, Ti: 0.05 to 3.0 %, B: 0.001 to 0.050 %, one or more of S: 0.04 to 0.4 %, Te: 0.03 to 0.3 % and Se: 0.01 to 0.4 % as one or more free-machining components, one or more rare-earth elements: 0.005 to 0.60 %, and the balance: substantially Fe and inevitable impurities.

3/3

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公告

⑫ 特 許 公 報 (B 2)

昭63-66385

⑬ Int. Cl.⁴

C 22 C 38/60
38/00

識別記号

3 0 1

3 0 2

庁内整理番号

H-6813-4K
M-6813-4K
E-6813-4K

⑭ 公告 昭和63年(1988)12月20日

発明の数 4 (全8頁)

⑮ 発明の名称 工具鋼

⑯ 特 願 昭55-148197

⑰ 公 開 昭57-73170

⑱ 出 願 昭55(1980)10月24日

⑲ 昭57(1982)5月7日

⑳ 発 明 者 福 井 彰 一 愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号
㉑ 発 明 者 新 山 善 之 群馬県渋川市元町625
㉒ 発 明 者 山 内 直 行 群馬県渋川市金井402-4
㉓ 出 願 人 大同特殊鋼株式会社 愛知県名古屋市中区錦一丁目11番18号
㉔ 代 理 人 河 口 善 雄
㉕ 審 査 官 影 山 秀 一

1

㉖ 特許請求の範囲

1 C0.2~2.5%、Si0.1~2.0%、Mn0.4~3.0%
Cr1.0~20.0%、Mo0.1~3.0%、N0.01~0.3%と
快削成分としてS0.04~0.4%とTe0.03~0.3%、
Se0.01~0.4%の1種または2種以上と、さらに
希土類元素の1種または2種以上を合計量で
0.005~0.60%含有し、残余が実質的にFeおよび
不可避的不純物からなる工具鋼。

2 C0.2~2.5%、Si0.1~2.0%、Mn0.4~3.0%
Cr1.0~20.0%、Mo0.1~3.0%、N0.01~0.3%
Ni0.3~4.0%と快削成分としてS0.04~0.4%と
Te0.03~0.3%、Se0.01~0.4%の1種または2種
と、さらに希土類元素の1種または2種以上を合
計量で0.005~0.60%含有し、残余が実質的にFe
および不可避的不純物からなる工具鋼。

3 C0.2~2.5%、Si0.1~2.0%、Mn0.4~3.0%
Cr1.0~20.0%、Mo0.1~3.0%、N0.01~0.3%と
V0.05~3.0%、Al0.3~1.5%、Nb0.1~3.0%、
Zr0.05~3.0%、Ti0.05~3.0%、B0.001~0.050%
の内少なくとも2種以上の元素を含み、その合計
量が0.1~6.0%で、快削成分としてS0.04~0.4%
とTe0.03~0.3%、Se0.01~0.4%の1種または2
種と、さらに希土類元素の1種または2種以上を
合計量で0.005~0.60%含有し、残余が実質的に
Feおよび不可避的不純物からなる工具鋼。

4 C0.2~2.5%、Si0.1~2.0%、Mn0.4~3.0%

2

Cr1.0~20.0%、Mo0.1~3.0%、N0.01~0.3%、
Ni0.3~4.0%と、V0.05~3.0%、Al0.3~1.5%、
Nb0.1~3.0%、Zr0.05~3.0%、Ti0.05~3.0%、
B0.001~0.050%の内、少なくとも2種以上の元
素を含み、その合計量が0.1~6.0%で、快削成分
としてS0.04~0.4%と、Te0.03~0.3%、Se0.01~
0.4%の1種または2種と、希土類元素の1種ま
たは2種以上を合計量で0.005~0.60%含有し、
残余が実質的にFeおよび不可避的不純物からな
る工具鋼。

発明の詳細な説明

本発明はH_{RC}40~47程度の中硬度で使用される
ダイブレード、絞り型、抜き型、ダイカスト金型
およびその他の工具に使用される快削性を有する
工具鋼に関するものである。

さらに詳しくは快削成分のS、Te、Seおよび
希土類元素の複合添加により、従来公知の快削合
金工具鋼より、その被削性を大巾に向上させると
ともに、希土類元素の投入によつて、上記快削成
分により形成される非金属介在物の形状を粒状化
させて耐衝撃性を改善した快削性工具鋼である。

なお本発明鋼の用途は、機械加工後熱処理をお
こなう通常の冷間工具鋼としてはもとより、中硬
度に熱処理をした後複雑な機械加工をおこなうこ
とができる快削性プレハードン鋼としてきわめて
好適である。

従来の快削成分を含有している鋼の場合、塑性加工によつてA系介在物が線状に変形し、この介在物の鋭角コーナー部に応力が集中して初期破壊を生じる。このため靱性も著しく低下し耐酸化性や耐ヒートチェック性が劣化し、耐摩耗性が必然的に悪くなる欠点があつた。

本発明者等は種々研究の結果、公知快削成分のS、Te、Seに希土類元素を微量添加することにより、他の特性を損なうことなく被削性や靱性が著しく向上することを知見し本発明に到つた。

また、それとともに本発明の鋼は、耐酸化性耐ヒートチェック性に富み、耐摩耗性を向上させるために施行される各種表面硬化処理性に優れた特性を有することが明らかとなつた。

また、従来公知鋼のプレハードン材として使用する場合、被削性の関係からH_{RC}40前後のかたさしか得られなかつたが、本発鋼はH_{RC}40~47の中硬度に上げることができ、しかも工具寿命を著しく延長することができる。

すなわち、本発明の要旨とするところは、下記のとおりである。

C0.2~2.5%、Si0.1~2.0%、Mn0.4~3.0%、Cr1.0~20.0%、Mo0.1~3.0%、N0.01~0.3%を基本成分とし、快削成分としてS0.04~0.4%と、Te0.03~0.3%、Se0.01~0.4%の1種または2種と、さらに希土類元素の1種または2種以上を合計量で0.005~0.60%含有し、残余が実質的にFeおよび不可避不純物からなり、必要によりNi0.3~4.0%を含み、または／および、V0.05~3.0%、Al0.3~1.5%、Nb0.1~3.0%、Zr0.05~3.0%、Ti0.05~3.0%、B0.001~0.050%の内、少なくとも2種以上の元素を含み、この2種以上の合計量が0.1~6.0%である工具鋼。

なお、本発明における希土類元素とは、La、Ce、Nd、Sc、Y、Smおよびその他の希土類元素のことを言う。

次に本発明鋼の化学成分組成範囲限定理由を以下に述べる。

C：0.2~2.5%

Cは、Cr、Mo、W、V、Nbなどの炭化物形成元素と結合して、硬い複合炭化物を生成し、工具として必要な耐摩耗性の向上に著しい効果があり、また基地中に固溶して所要の硬さを付与せしめるために必要な成分元素である。しかし、0.2

%未満の含有では前述特性を十分に発揮できず焼もどしにより必要な硬さが得られない。他方、2.5%を超える過剰の含有量では、焼もどし軟化抵抗性を減少させると共に、靱性が著しく劣化する。

また、大形介在物の現出による鏡面仕上性の劣化が生じるので2.5%以下に限定した。

Si：0.1~2.0%

Siは基地中に固溶して降伏点を高め、疲労限を向上させるのに大きな影響を有する非常に有効な成分元素である。また200~300℃の温度領域で軟化抵抗性を高める効果がある。しかし2.0%を超えると熱伝導性の劣化による金型温度の上昇や被削性の低下が生じるので2.0%以下に限定した。

また、0.1%未満ではこれらの特性を得ることが出来ない。

なお一般的溶解法では脱酸剤として添加される。

Mn：0.4~2.0%

Siと同様に脱酸剤として添加されると共に、MnはSと反応しMnSを形成し被削性向上に大いに寄与している。0.4%未満の含有ではMnSの形成が完全に行なわれず余剰のSがFeと反応し低融点のFeSを形成するので最低量でも0.4%が必要である。

またMnはオーステナイトを安定化し、マルテンサイト変態点を著しく降下させる。このため2.0%をこえて添加するとマルテンサイト変態点が約80℃低下して残留オーステナイト量が増加し、経年変化等の寸法変形が生ずる。また、加工硬化能が高いので被削性も劣化させるので2.0%以下に限定した。

Cr：1.0~20.0%

Cと結合して複合炭化物を形成し、耐摩耗性の向上に大いに寄与する元素である。また基地中にも多量に固溶して焼入性を向上させると共に耐酸化性の向上にも大きく寄与するのに必須の成分元素であるが、1.0%未満ではその効果が達成されず、しかも必要な焼もどし硬さが得られない。一方、20.0%を超えて多量に含有すると炭化物反応を低温度側に移行させ、焼もどし軟化抵抗性を減少させると共に靱性をも劣化させる。

これはM₇C₃型の巨大炭化物を形成させるためである。この炭化物は一般的製造方法では角ばつ

5

た形状となるため、使用中の外応力が負荷された場合にこの炭化物のコーナー部に応力集中が生じ、その部分より割れが生じるためである。このような理由からCr含有量は1.0~20.0%の範囲に限定した。

Mo: 0.1~3.0%

MoはCと結合して微細な M_2C 型あるいは M_6C 型複合炭化物を生成させ、かつ基地中にも固溶してこれを強化するので耐摩耗性や高温硬さを高めると共に焼もどし軟化抵抗性の向上や耐ヒートチェック性を改善させるのに大いに寄与する元素である。Cr含有量が2.0%以上の場合には、Mo添加量0.1%以上で焼もどし軟化抵抗性が向上するか3.0%を超えるとその効果がほぼ一定となるのでMo成分範囲は0.1~3.0%に限定した。

N: 0.01~0.3%

NはCと同様に、Cr、Mo、V、Nbなどの元素と反応し、窒化物を形成し耐摩耗性の向上、結晶粒の粗大化防止に著しい効果がある。この特性は0.01%未満では大部分炭窒化物の型となり、上述の効果は期待できないし、0.3%をこえると炭窒化物が結晶粒界のトリプルポイントで巨大成長し、靱性を劣化させるので0.3%以下に限定した。なお、0.02%以上のNを添加すれば、特に細粒が得られるので0.02~0.3%の範囲が好ましい。

S: 0.05~0.3%、Te: 0.03~0.3%、Se: 0.01~0.4%、希土類元素: 0.005~0.60%

S、Te、Seと希土類元素は快削性付与成分として重要な元素で必ずSとTeまたは/およびSeと希土類元素の3元素以上を複合状態で添加することが必要である。

希土類元素はSと結合しやすく高融点の希土類硫化物を形成し、球状粒子となつて鋼中に分散し、圧延に際して点線状に延伸される。一方TeまたはSeはMnやSと結合してマンガナーサルフォテレンナイド、固溶体Mn(S、Te)またはマンガナーサルフォセレンナイド固溶体Mn(S、Se)を形成するが、このMn(S、Te)やMn(S、Se)の介在物は希土類硫化物より融点が低く、しかも硫化物生成エネルギーが大きいために、希土類硫化物を核として成長する結果、基地中に均一分布し被削性を向上させる。この複合介在物はMnS型よりも硬いので母材の塑性加工中でも変形しにくく、楕円形あるいは卵形になるのみで従

6

来公知の線状非金属介在物とはならない。公知のSを主体とした快削鋼では、軟らかなMnS介在物が主であるため、塑性加工時に糸状に長く伸び、その先端が鋭いエッジ状を呈し、外応力の負荷、除去の繰り返しによりノッチ作用が生じ、早期破壊原因となる欠陥をもっている。

これに対して、S、Te、Seと希土類元素を複合添加した場合には、希土類硫化物やMn(S、Te)等が球状に近い形となるため、鋭いエッジが生成されず、クラック発生の起点となりにくい、したがって、この複合介在物を起点としたクラックの発生が少ないため靱性が著しく改善できることになる。

また被削性に対してもこの形状はMnSのような糸状に伸びたものよりはるかに好結果が得られる。このように容易に卵状の複合介在物を得ることができ、しかも鍛造時の熱間加工性を考慮して、S0.05~0.3%、Te0.03~0.3%Se0.01~0.4%の1種または2種以上とさらに希土類元素の1種または2種以上を合計量で0.005~0.60%含有する成分範囲内の組合せ添加が必要である。

Ni: 0.3~4.0%

Niは、焼入性の向上や結晶粒微細化による靱性向上に大きく寄与する元素であるが、その効果は0.30%未満の含有では得られず、他方4.0%をこえると残留オーステナイト量が急激に増加し、炭化物反応が遅滞して被削性を劣化させるのでNiの含有量は0.3~4.0%の範囲に限定した。

V: 0.05~3.0%

Vは鋼中のC、Nと結合して非常に硬くしかも固溶しにくいMC型炭化物を生成し、耐摩耗性の向上に大きく寄与し、かつ結晶粒を微細化させる結果、靱性を向上させる効果がある。しかしながらVは有効なCを固着するために硬さ低下を生じ、しかもNb、Zr、Tiとの関係から3.0%をこえて含有すると巨大なMC型炭化物を生成し、被削性や硬さの低下を生じる。他方0.05%未満では、耐軟化抵抗性が劣化するので添加範囲を0.05~3.0%に限定した。

Al: 0.3~1.5%

AlはNと結合してAl-N固溶体を作り、硬さを高めるとともに、金型キャビティー部表層で加熱されることにより Al_2O_3 を形成し、これが表層部をおおい、耐酸化性を著しく向上させる。0.3

%未満ではAl-N化合物の量が少なく耐摩耗性の向上が望めず1.5%をこえると溶鋼中での酸化反応が生じ鋼の清浄度を低下させる。またAlの偏析が生じ硬さむらを起すので1.5%以下に限定した。

Nb: 0.1~3.0%

Nbは非常に高融点の微細な特殊炭化物を形成するために、鍛造あるいは圧延、焼入れの際、加熱温度の上昇にともなう結晶粒の粗大化を阻止させる。この結果、高温加熱に対する結晶粒成長の感受性を著しく鈍化させる効果がある。

この作用を最も有効ならしめるには、最少量0.1%以上を必要とし、炭素量とのかねあいからすると上限は3.0%までである。

Zr: 0.05~3.0%

Zrは溶鋼中の酸素と結合して微細な酸化物を形成する。これは、希土類元素と同様に、硫化物系の介在物の析出時に核的働きをし、硫化物系介在物の微粒分散に効果的な添加元素である。しかし0.05%未満では有用添加して形成された希土類硫化物やMn(S、Te)やMn(S、Se)の分散には十分効果が発揮できず、また3.0%をこえると鋼中の窒素と反応し、大形の角ばった窒化物を形成する。これが塑性加工により連鎖状になり早期割れを引き起こすので添加範囲を0.05~3.0%に限定した。

Ti: 0.05~3.0%

Tiは溶湯での強脱酸効果があり、しかもCがTiCとして固定され非常に硬い炭化物を形成し、耐摩耗性を向上させる。

さらに長時間加熱によるCrの局部的減少を防

害し、オーステナイトの生成を防止するのに効果的に働く。しかし0.05%未満ではこの特性を著しく発揮させることが出来ず、Cとの関係から3.0%をこえた多量の含有は、析出硬化が生じ靱性を劣化させるので添加範囲を0.05~3.0%に限定した。

B: 0.001~0.050%

Bは極微量の添加で焼入性や強さを著しく向上させる元素であり、焼入冷却過程において、オーステナイト結晶粒界への初析炭化物の析出を抑制して靱性の劣化を防止する効果がある。上記効果を有効に発揮させるためには、少なくとも0.001%以上含有する必要がある。ただし、多量に含有するとほう化物が多量に形成され、鍛造性が著しく劣化するので0.050%以下に限定した。これらNb、Zr、Ti、Bは結晶粒の調整に有効に作用し、結晶粒微細化をはかることができるので靱性向上に著しく寄与する。

また鋼中のNと反応して窒化物を生成しNによる各種の脆化を防止する。しかし、これらの元素中2種以上の添加で0.1%未満ではその効果が期待できず、6.0%をこえた多量の添加では結晶粒界への優先析出が生じるために靱性低下が生じる。従つてこれら4元素の添加範囲は2種以上の添加合計で0.1~6.0%と限定した。

次に本発明の特徴を実施例により詳細に説明する。

実施例

第1表は本発明鋼と公知鋼の化学組成を示す。

この内No 1~11は本発明鋼であり、No 12~13は従来から用いられている快削合金工具鋼である。

第1表 供試材の化学成分(%)

試料No.		化 学 成 分 (wt%)										
		C	Si	Mn	S	Ni	Cr	Mo	V	Te	Se	La
1	第1発明鋼	0.40	0.57	0.60	0.11	—	2.10	0.43	—	0.13	—	—
2	第2発明鋼	0.43	0.43	0.62	0.17	0.63	2.30	0.31	—	—	—	0.40
3	第3発明鋼	0.41	0.58	0.61	0.10	—	2.11	0.42	—	0.14	—	0.54
4	第3発明鋼	0.45	0.42	1.25	0.15	—	2.03	2.44	0.44	—	0.10	0.20
5	第4発明鋼	0.29	0.25	0.43	0.05	0.36	1.09	0.14	0.11	0.032	—	0.18
6	第4発明鋼	2.20	1.09	2.50	0.21	1.13	11.20	0.83	0.43	0.22	—	0.23
7	第4発明鋼	0.38	0.53	0.58	0.13	0.33	2.30	0.34	—	0.11	—	0.23
8	第4発明鋼	0.42	0.44	0.61	0.16	0.65	2.32	0.30	2.60	—	0.13	0.18
9	第4発明鋼	1.48	0.41	0.62	0.12	0.40	2.00	0.29	0.15	0.07	0.07	0.19
10	第4発明鋼	0.60	0.32	0.60	0.12	3.25	17.50	0.29	0.13	0.11	—	0.32
11	第4発明鋼	0.40	0.45	0.62	0.10	1.20	2.16	0.28	0.13	0.10	—	0.30
12	公知鋼	0.34	0.23	1.06	0.11	0.05	2.24	0.40	0.01	—		—
13	AISI P20	0.35	0.51	0.43	0.02	0.12	1.25	0.40		—		—

試料No		化 学 成 分 (wt%)							
		Ce	Nd	B	Al	N	Nb	Zr	Ti
1	第1発明鋼	0.35	—	—	—	0.13	—	—	—
2	第2発明鋼	—	—	—	—	0.12	—	—	—
3	第3発明鋼	—	0.02	0.01	0.70	0.03	—	1.85	0.15
4	第3発明鋼	0.10	—	—	—	0.08	—	—	—
5	第4発明鋼	—	—	—	—	0.14	—	—	—
6	第4発明鋼	—	—	—	1.50	0.01	—	—	—
7	第4発明鋼	0.10	0.02	—	—	0.13	0.13	—	0.30
8	第4発明鋼	0.12	—	0.01	—	0.12	0.35	—	—
9	第4発明鋼	0.10	—	—	0.41	0.03	2.15	0.30	0.15
10	第4発明鋼	0.05	0.14	0.03	0.37	0.03	—	0.54	—
11	第4発明鋼	—	0.14	—	1.49	0.15	—	—	0.60
12	公知鋼	—	—	—	—	—	—	—	—
13	AISI P20	—	—	—	—	—	—	—	—

第2表 シャルピー衝撃試験結果
(2mmUノッチ)

試料No		硬さ (HRC)	衝撃値 ($\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$)
1	第1発明鋼	44.7	4.0
2	第2発明鋼	44.3	4.3
3	第3発明鋼	44.9	4.0
4	第3発明鋼	44.5	4.5
5	第4発明鋼	44.8	3.8
6	第4発明鋼	45.5	3.0
7	第4発明鋼	43.8	4.2
8	第4発明鋼	45.1	4.2
9	第4発明鋼	44.3	3.0
10	第4発明鋼	44.5	3.4
11	第4発明鋼	45.0	4.1

25

試料No	硬さ (HRC)	衝撃値 ($\text{kgf}\cdot\text{m}/\text{cm}^2$)
12 公知鋼	44.7	1.8
13 AISI P20	44.5	2.2

* 試験片の熱処理条件

30

780°C×1Hr油冷→620°C×1Hr×
2空冷→620~650°Cで硬さ調整用
焼もどしを実施。但し試料2、5、8の
焼入温度は各々1000°C、950°C、900
°C。

35 第2表はシャルピー衝撃試験結果を示す。本発明鋼は公知鋼に比べていずれも優れた衝撃特性を示している。

すなわち、快削成分S、Te、Seおよび希土類元素の複合添加により形成される非金属介在物、
40 特に硫化物系介在物の形状を粒状化させるため衝撃特性の低下は認められないものと考えられる。

第1図は鋼中の硫化物系介在物を比較した結果である。

第2図は本発明鋼及び公知鋼の穿孔試験の結果

であり、熱処理によりほぼ同一硬さ ($H_R C43.1 \sim 45.5$) にした供試材をSKH9製 5 mm ϕ ストレートシャンクドリルを用いて深さ 5 mm の穴加工をした。

なお、この際の切削条件は、回転数1480rpm送り0.067mm/revである。本発明鋼は従来鋼と比較して高硬度での穿孔試験結果が2.8~4.4倍も優れていることが明瞭であり、冷間並びに温間用金型材として機械加工する場合、非常に容易に金型製作ができるため経済性に富む型材であることが判る。

なお、本願の実施例に示した以外の希土類元素についても同様の優れた効果の得られることを確

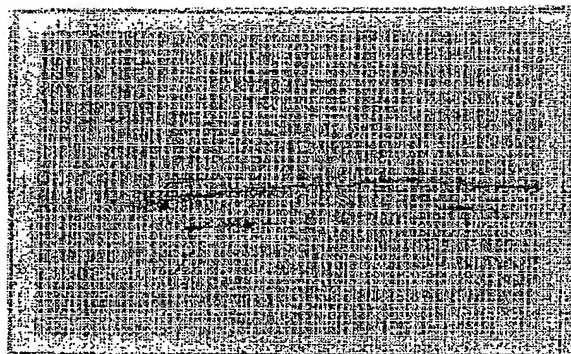
認している。

以上のごとく本発明鋼は、S、Te、Seおよび希土類元素を適当にバランスさせた快削冷間工具鋼であつて、従来の快削合金工具鋼に比べて、靱性および被削性に優れており、冷間用金型材として好適であることが判る。

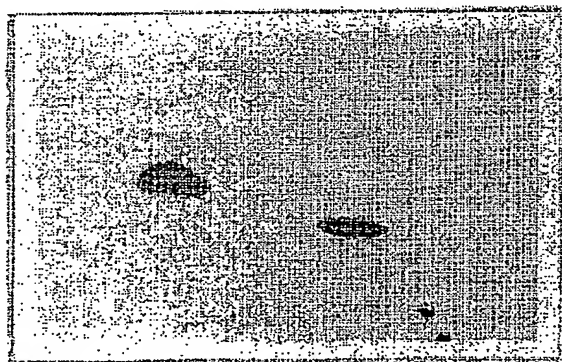
図面の簡単な説明

第1図は本発明鋼と比較鋼の介在物形態を示す顕微鏡組織写真(倍率400倍)であり、aは公知鋼(Na12)、bは本発明鋼(Na10)である。第2図は、本発明鋼と比較鋼の穿孔試験結果を示す図である。

第1図



a



b

第 2 図

